

КАЧЕСТВО, БЕЗОПАСНОСТЬ И ГИГИЕНА ПИТАНИЯ /
QUALITY, SAFETY AND FOOD HYGIENE

Научная статья / *Original article*

УДК 648.181

DOI: 10.31208/2618-7353-2021-15-76-85

НОВОЕ БЕЗФОСФАТНОЕ МОЮЩЕ-ДЕЗИНФИЦИРУЮЩЕЕ
СРЕДСТВО НА ОСНОВЕ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ И
ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНБИГУАНИДИН ГИДРОХЛОРИДА
ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*NEW PHOSPHATE-FREE DETERGENT AND DISINFECTANT BASED ON NITRIC
ACID AND POLYHEXAMETHYLENEBIGUANIDINE
HYDROCHLORIDE FOR THE FOOD INDUSTRY*

Юлия В. Матвейчук, доктор химических наук, доцент

Дмитрий В. Станишевский, химик

Алеся О. Вербицкая, инженер-химик

Yuliya V. Matveichuk, doctor of chemistry sciences, associate professor

Dmitry V. Stanishevskii, chemist

Alesya O. Verbitskaya, chemical engineer

ООО «НОРДХИМ», Минск, Республика Беларусь

LLC «NORDKHIM», Republic of Belarus, Minsk

Контактное лицо: Юлия В. Матвейчук, доктор химических наук, доцент, заведующая лабораторией, ООО «НОРДХИМ»; 220125, Республика Беларусь, Минск, ул. Уручская, д. 23А/309; Yu_Matveychuk@mail.ru; тел.: + 375 29 549 14 50.

Формат цитирования: Матвейчук Ю.В., Станишевский Д.В., Вербицкая А.О. Новое безфосфатное моющее-дезинфицирующее средство на основе азотной кислоты и полигексаметиленбигуанидин гидрохлорида для пищевой промышленности // Аграрно-пищевые инновации. 2021. Т. 15, № 3. С. 76-85. <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2021-15-76-85>.

Principal Contact: Yuliya V. Matveichuk, Dr Chemistry Sc., Associate professor and Head of laboratory, LLC «NORDKHIM»; 220125, Republic of Belarus, Minsk, Uruchskaya st., 23A/309; Yu_Matveychuk@mail.ru; tel.: +375 29 549 14 50.

How to cite this article: Matveichuk Yu.V., Stanishevskii D.V., Verbitskaya A.O. New phosphate-free detergent and disinfectant based on nitric acid and polyhexamethylenebiguanidine hydrochloride for the food industry. *Agrarian-and-food innovations*. 2021;15(3):76-85. (In Russ.). <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2021-15-76-85>.

Резюме

Цель. Разработка технологии применения средства моющего и дезинфицирующего «КАТЕЛОН 404», оценка его антимикробной эффективности и разработка методик контроля действующих веществ.

Материалы и методы. Приведены методики контроля концентрации действующих веществ в концентрате моющего и дезинфицирующего средства «КАТЕЛОН 404» – определение со-

держания азотной кислоты методом кислотного-основного титрования и полигексаметиленбигуанидин гидрохлорида спектрофотометрическим методом с Эозином Н.

Результаты. Разработано экологически безопасное (безфосфатное) кислотное моющее и дезинфицирующее средство на основе азотной кислоты и полигексаметиленбигуанидин гидрохлорида – «КАТЕЛОН 404». Предложены рекомендации по выбору эффективной концентрации, времени экспозиции, температуры как для мойки, так и для дезинфекции по отношению бактериям, вирусам и грибам (фунгицидная активность).

Разработаны экспрессные и простые методики аналитического контроля действующих веществ в концентрате средства.

Отсутствие в составе ортофосфорной кислоты (фосфатов) также обеспечивает продовольственную безопасность и позволило успешно протестировать «КАТЕЛОН 404» на ряде предприятий молочной промышленности (ОАО «Копыльский маслозавод», ОАО «Любанский сыродельный завод», ОАО «Верхнедвинский маслозавод»).

Заключение. Разработано безфосфатное средство на основе азотной кислоты и полигексаметиленбигуанидин гидрохлорида для всех отраслей пищевой промышленности, которое предназначено для одновременного мытья и дезинфекции емкостей, трубопроводов, сырных форм от белково-жировых и углеводных загрязнений, имеющих керамическую, пластмассовую, стеклянную поверхности, поверхность из нержавеющей стали. Введение специального кислотного компонента в средство «КАТЕЛОН 404» позволило эффективно удалять молочный и водный камни, окаменевшие минеральные и фосфатно-кальциевые отложения, пивной камень, накипь, ржавчину. «КАТЕЛОН 404» может выпускаться беспенным и использоваться для дезинфекции и мытья систем замкнутого цикла (CIP-систем) в молочной промышленности.

Ключевые слова: дезинфекция, пищевая промышленность, полигексаметиленбигуанидин гидрохлорид, Эозин Н

Abstract

Aim. Development of technology for the use of detergent and disinfectant «KATELON 404», assessment of its antimicrobial efficacy and development of methods for controlling active substances.

Materials and Methods. Methods of controlling the concentration of active substances in the concentrate of the detergent and disinfectant «KATELON 404» – determination of the content of nitric acid by the method of acid-base titration and polyhexamethylenebiguanidine hydrochloride by the spectrophotometric method with Eosin N.

Results. An environmentally safe (phosphate-free) acid detergent and disinfectant based on nitric acid and polyhexamethylenebiguanidine hydrochloride – "KATELON 404" has been developed. Recommendations on the choice of the effective concentration, exposure time, temperature for both washing and disinfection against bacteria, viruses and fungi (fungicidal activity) are proposed. Express and simple methods of analytical control of active substances in the concentrate of the agent have been developed.

The absence of phosphoric acid (phosphates) in the composition ensures food safety and made it possible to successfully test KATELON 404 at a number of dairy enterprises (Kopylsky Butter Cheese Plant, Lyubansky Cheese Making Plant, Verkhnedvinsky Butter and Cheese Plant).

Conclusion. A phosphate-free agent based on nitric acid and polyhexamethylenebiguanidine hydrochloride has been developed for all branches of the food industry, which is intended for the simultaneous washing and disinfection of containers, pipelines, cheese molds from protein-fatty and carbohydrate contaminants from ceramic, plastic, glass surfaces, stainless steel surfaces. The in-

roduction of a special acidic component into the "KATELON 404" product made it possible to effectively remove milk and water stones, fossilized mineral and phosphate-calcium deposits, beer stone, scale, and rust. "KATELON 404" can be produced without foam and used for disinfection and washing of closed-loop systems (CIP systems) in the dairy industry.

Keywords: *disinfection, food industry, polyhexamethylenebiguanidine hydrochloride, Eosin N*

Введение. Применение средств, сочетающих мойку и дезинфекцию, – это, зачастую, экономически оправданный шаг для многих пищевых и перерабатывающих производств.

Известно большое число моющих средств на основе азотной кислоты (СIP 50 (GRASS, РФ), Компомол К (АНКАР ИМЭК, РБ), РОМ-ФОС марка В (ЭКОХИММАШ, РБ), NEWGUARD (NOVELHIM, РФ), подавляющее большинство которых содержат добавку ортофосфорной кислоты для усиления моющего эффекта (особенно от ржавчины).

Однако использование ортофосфорной кислоты несет большую экологическую нагрузку на экосистемы, что приводит к «цветению» воды (развитие сине-зеленых водорослей) в водоемах и гибели их обитателей, вносит труднообратимые изменения в экосистему, а также значительно усложняет очистку вод, используемых для хозяйственно-питьевого потребления. Фосфаты в целом имеют высокий коэффициент биоаккумуляции и являются для растений удобрениями [1-3].

В данной работе представлено средство (торговое название «КАТЕЛОН 404») на основе азотной кислоты и полигексаметиленбигуанидин гидрохлорида, которое предназначено для одновременного мытья и дезинфекции емкостей, трубопроводов, сырных форм отбелково-жировых и углеводных загрязнений на предприятиях молочной, мясной, масложировой, кондитерской, рыбной промышленности др. с керамических, пластмассовых, стеклянных поверхностей, поверхностей из нержавеющей стали. Благодаря введению специального кислотного компонента средство «КАТЕЛОН 404» эффективно удаляет молочный и водный камни, отмывает оборудование от окаменевших минеральных и фосфатно-кальциевых отложений, пивного камня, накипи, ржавчины.

ПГМБГ – это катионный полимерный биоцид с низкой токсичностью и высокой химической устойчивостью, который также обладает пролонгированным действием [4, 5].

Зачастую для определения ПГМБГ как в индивидуальном виде, так и в смеси с другими катионными поверхностно-активными веществами, используют обращенно-фазовую и гидрофильную высокоэффективную жидкостную хроматографию с диодно-матричным детектированием [6, 7] или сложный вариант потенциометрического титрования с использованием в качестве титранта поливинилсульфата калия [8].

«КАТЕЛОН 404» может выпускаться средне/низкопенным или беспенным. В последнем случае оно хорошо подходит для дезинфекции и мытья систем замкнутого цикла (СIP-систем) в молочной промышленности. Кроме того, «КАТЕЛОН 404» содержит инновационные умягчающие и антикоррозионные добавки, поэтому эффективно работает в жесткой воде.

Цель работы – это разработка технологии применения средства моющего и дезинфицирующего «КАТЕЛОН 404», оценка его антимикробной эффективности и разработка методик контроля действующих веществ.

Материалы и методы. Основное сырье для производства средства «КАТЕЛОН 404»: азотная кислота (АК-57, ГродноАзот, Республика Беларусь), Vantocil IB 20% (Lonza Group

LTD., Швейцария), Dissolvine GL-47-s (Noyron, Швеция), HEDP 60% (HEMAN QINGSHUI-YUAN TECH. CO. LTD., Китай).

Аналитические реагенты для контроля концентрации действующих веществ: гидроксид натрия 0,100 н (0,100 моль/л) или другой точной концентрации; раствор фенолфталеина с концентрацией 1% масс.; эозин Н (индикатор) по ТУ 6-09-183; полигексаметиленбигуанидин гидрохлорид согласно ТНПА изготовителя (в виде твердого вещества или раствора).

Приборы и оборудование: кондуктометр HI 2300 EC/TPS/NaCl Meter, весы ВЛТ-150-П ($\pm 0,001$ г), спектрофотометр Solar PV 1251, магнитная мешалка HI 190 М (Hanna Instruments), рН-метр HI 5222 (электрод комбинированный HI 1131 и термодатчик HI 4430В, Hanna Instruments), пипет-дозатор Thermo scientific (100-1000 мкл), магнитная мешалка с нагревателем IKA C-MAG HS, термометр электронный HI 98501 Checktemp (Hanna Instruments), термостат жидкостной низкотемпературный КРИО-ВИСТ-Т-06 (от -30 до +50°C), набор ареометров общего назначения АОН-1, весы лабораторные Mettler Toledo AX304 с пределом взвешивания 300 г ($\pm 0,0001$ г); кюветы 10 мм; таймер.

Результаты и обсуждение.

Технология применения средства «КАТЕЛОН 404»

Рабочая концентрация средства составляет 0,050-5,00% об. (5-500 мл на 10 л рабочего раствора). Выбор концентрации рабочих растворов определяется в зависимости от объема и характера загрязнений (таблица 1).

Температура применения средства «КАТЕЛОН 404» составляет от +20°C до +80°C. Мойка может проводиться и при температуре 5-20°C, однако более низкие температуры ведут к увеличению концентрации рабочего раствора и времени экспозиции, что экономически невыгодно. Чаще мойка и дезинфекция проводятся при температуре +50°C.

Таблица 1. Рекомендации по выбору концентрации рабочего раствора для мойки

Table 1. Recommendations for choosing the concentration of the working solution for washing

Рекомендуемая концентрация <i>Recommended concentration</i>	0,05-0,5% об. <i>0.05-0.5% vol.</i>	0,5-3,0% об. <i>0.5-3.0% vol.</i>	3,0-5,0% об. <i>3.0-5.0% vol.</i>
Характер загрязнения <i>Nature of pollution</i>	Свежие загрязнения, тонкие слои белковых, белково-жировых загрязнений, не подвергшихся высыханию, термообработке, заветриванию <i>Fresh contamination, thin layers of proteinaceous, protein-fatty contaminants that have not been dried, heat treated, or ventilated</i>	Сложные загрязнения, толстые слои белковых, жировых, белково-жировых загрязнений; загрязнения, подвергшиеся высыханию, термообработке <i>Complex pollution, thick layers of proteinaceous, fatty, protein-fatty pollution; dried, heat-treated contamination</i>	Сложные застарелые загрязнения, которые необходимо удалить за короткое время <i>Difficult old dirt that needs to be removed in a short time</i>

Рекомендуемый порядок обработки загрязненных поверхностей стандартный и состоит из следующих стадий:

- 1) нанесение рабочего раствора;
- 2) по возможности, механическая активация загрязнения;
- 3) выдерживание технологического интервала времени (время экспозиции определяется технологом непосредственно перед обработкой; кроме того, если требуется осуществить не

только мойку, но и дезинфекцию, то необходимо выдерживать режимы, которые представлены в таблице 2);

4) удаление продуктов обработки водой и проведение контроля полноты смывания.

Расход рабочего раствора составляет 0,1-0,5 л/м² при ручном и 0,2-0,5 л/м²– при механическом нанесении. «КАТЕЛОН 404» рекомендуется наносить при помощи щеток, поролоновых губок, ершиков, разбрызгивателей, автоматических систем циркуляционной мойки или путем замачивания. Кроме наведения концентрации рабочих растворов по объемным долям, наведение можно осуществлять по рН или электропроводности (рисунки 1 и 2).

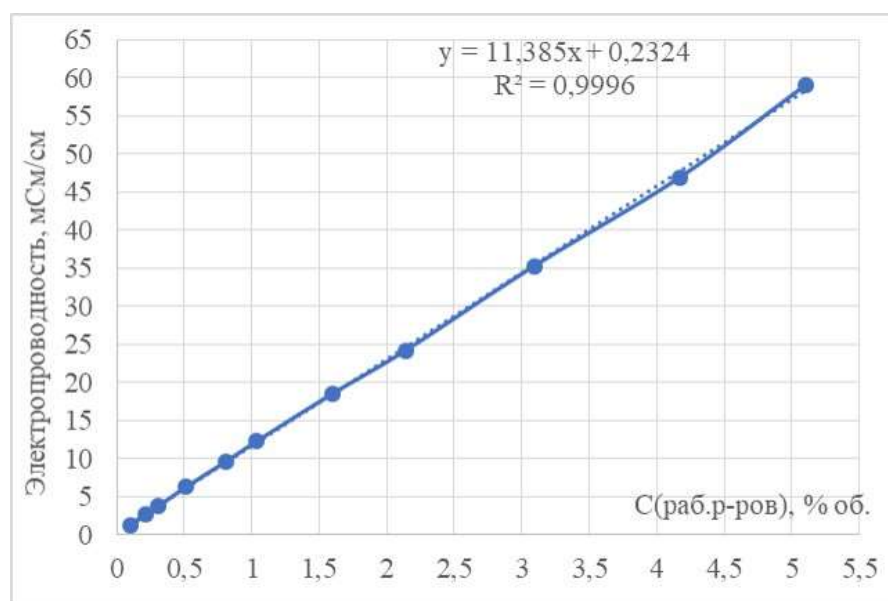


Рисунок 1. Зависимость удельной электропроводности от объемной доли рабочего раствора «КАТЕЛОН 404» при 20,0°С (температурный коэффициент 1,39%)

Figure 1. Dependence of specific electrical conductivity on the volume fraction of the working solution «KATELON 404» at 20.0°С (temperature coefficient 1.39%)

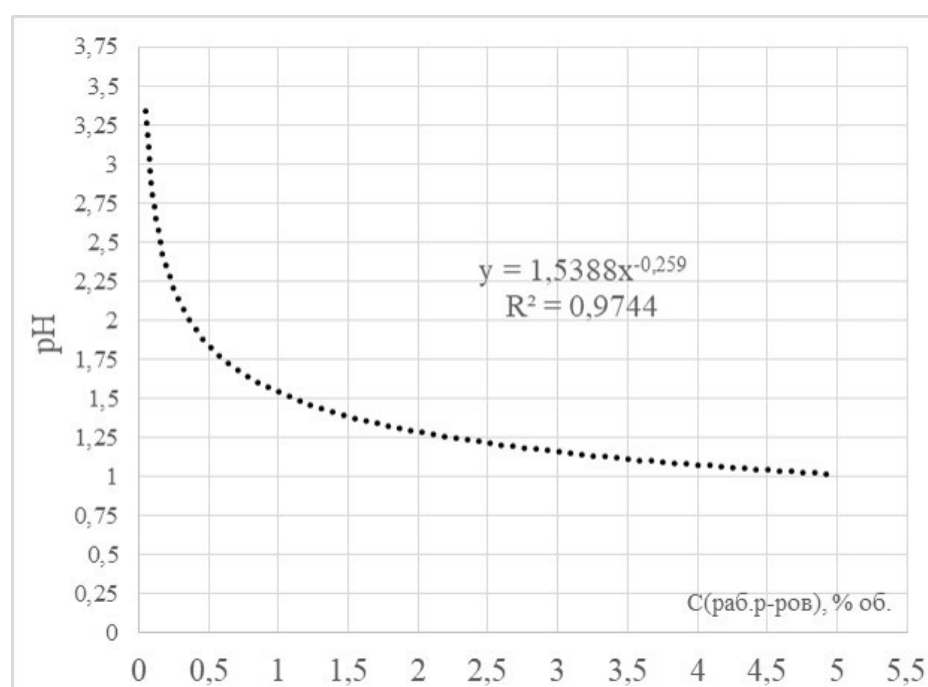


Рисунок 2. Зависимость рН от объемной доли рабочих растворов «КАТЕЛОН 404» при 50,0°С

Figure 2. Dependence of pH on the volume fraction of working solutions «KATELON 404» at 50.0°С

Антимикробная эффективность

Данные по антимикробной эффективности рабочих растворов средства «КАТЕЛОН 404» представлены в таблице 2.

Таблица 2. Рекомендации по выбору концентрации рабочего раствора для дезинфекции при 50°C

Table 2. Recommendations for choosing the concentration of the working solution for disinfection at 50°C

Объект <i>Object</i>	Тест-культура <i>Test-culture</i>	Концентрация средства, % масс. <i>Concentration of the product, % mass.</i>	Экспозиция, мин <i>Exposure, min</i>	Примечание (рекомендация) <i>Note (recommendation)</i>
Емкость, трубопровод, оборудование <i>Container, pipeline, equipment</i>	E. Coli, S. Aureus, P. Aeruginosa	1,00	1	Замачивание, нанесение при помощи щеток, губок, разбрызгивание, циркуляция <i>Soak, brush, sponge, spray, circulate</i>
		0,20	15	
	C. Albicans	1,00	2	
		0,40	15	
	ЕСНО 6 (вирус)	2,00	1	
		0,50	15	
CIP-мойка <i>CIP washing</i>	E. Coli, S. Aureus, P. Aeruginosa	0,50	2	Автоматическая система циркуляционной мойки <i>Automatic circulating washing system</i>
		0,40	10	
	C. Albicans	0,70	3	
		0,40	10	

Из данных таблицы 2 видно, что средство обладает бактерицидной (в отношении E. Coli, S. Aureus, P. Aeruginosa), фунгицидной (в отношении C. Albicans), вирулицидной (в отношении ЕСНО 6) активностью. Антимикробная эффективность «КАТЕЛОН 404» подтверждена в аккредитованной микробиологической лаборатории, а воспроизводимость методик определения действующих веществ – в химической лаборатории РУП «Научно-практический центр гигиены».

**Методики контроля действующих веществ
в концентрате средства «КАТЕЛОН 404»**

Концентрат представляет собой бесцветную или бледно-желтую прозрачную жидкость. Запах концентрата формируется сырьевыми компонентами. Плотность концентрата находится в диапазоне 1,050-1,200 г/см³, а показатель концентрации ионов водорода (рН) 1,0% масс. раствора средства – 1,0-2,5 единиц.

**Определение концентрации HNO₃ в концентрате «КАТЕЛОН 404»
кислотно-основным титрованием**

В колбу для титрования с помощью пипет-дозатора или пипетки вносили 0,450-0,600 г концентрата «КАТЕЛОН 404», добавляли 30 мл дистиллированной воды и 2-3 капли индикатора фенолфталеина. Титровали до появления малинового окрашивания. Массовую долю HNO₃ в концентрате «КАТЕЛОН 404» рассчитывали по формуле:

$$C(\text{HNO}_3) \% = (C_T \cdot V_T \cdot 0,107) / m,$$

где: C (HNO₃) – массовая доля HNO₃ в концентрате «КАТЕЛОН 404» (в виде 57% азотной кислоты), %;

C_T – точная нормальная концентрация 0,100 н гидроксида натрия;

V_T – израсходованный объём 0,100 н гидроксида натрия, мл;

m – масса концентрата «КАТЕЛОН 404», г;

0,107 – коэффициент, свойственный методу.

***Методика определения содержания катионного полиэлектролита
(полигексаметиленбигуанидин гидрохлорида) в концентрате «КАТЕЛОН 404»
спектрофотометрическим методом с Эозином Н***

Метод основан на образовании ПГМБГ соединения (ассоциата) с Эозином Н. В результате этого взаимодействия происходит изменение окраски водного раствора Эозина Н от оранжевого к розовому. Для определения концентрации ПГМБГ использовали метод ограничивающих растворов.

Приготовление растворов

Приготовление раствора сравнения. В мерную колбу вместимостью 25,0 см³ вносят 1 см³ раствора Эозина Н с концентрацией 0,05%, затем вносят 6-7 капель 1 моль/л раствора NaOH и доводят объем раствора до метки фоновым раствором (в качестве фонового раствора использовали раствор HNO₃ с концентрацией примерно 0,0062 моль/л) с последующим перемешиванием.

Эталонный раствор № 1. (0,1960-0,2020)±0,0001 г полигексаметиленбигуанидин гидрохлорида* (чистое вещество) взвешивали в мерной колбе вместимостью 100,0 см³ и довели объем раствора до метки дистиллированной водой и аккуратно перемешивали (*допускается применение готовых растворов ПГМБГ. В этом случае необходимо корректировать массу навески с учетом содержания в них основного вещества).

Эталонный раствор № 2. В мерную колбу вместимостью 100,0 см³ вносили 1,00 см³ эталонного раствора № 1 и довели объем раствора до метки дистиллированной водой, а затем перемешивали.

Приготовление исследуемого раствора средства «КАТЕЛОН 404». (1,0500-1,1500)±0,0001 г взвешивали в мерной колбе вместимостью 100,0 см³ и довели объем раствора до метки дистиллированной водой, а затем перемешивали.

Проведение определения концентрации ПГМБГ

Готовят три раствора. *Первый раствор.* В мерную колбу вместимостью 50,0 см³ вносили 10 см³ (V_1) эталонного раствора № 2, затем 2 см³ 0,05% раствора Эозина Н и 12-15 капель 1,0 моль/л раствора NaOH и довели объем раствора до метки фоновым раствором и перемешивали. Выдерживали 10 минут и фотометрировали при длине волны 540 нм в кювете с длиной оптического пути 10 мм (D_1).

Второй раствор. В мерную колбу вместимостью 50,0 см³ вносили 20 см³ (V_2) эталонного раствора № 2, затем 2 см³ 0,05% раствора Эозина Н и 12-15 капель 1,0 моль/л раствора NaOH и довели объем раствора до метки фоновым раствором и перемешивали. Выдерживали 10 минут и фотометрировали при длине волны 540 нм в кювете с длиной оптического пути 10 мм (оптическая плотность D_2).

Третий раствор. В мерную колбу вместимостью 50,0 см³ вносили 10,0 см³ исследуемого раствора средства «КАТЕЛОН 404», затем 2 см³ 0,05% раствора Эозина Н и 12-15 капель

1,0 моль/л раствора NaOH и доводили объем раствора до метки дистиллированной водой и перемешивали. Выдерживали 10 минут и фотометрировали при длине волны 540 нм в кювете с длиной оптического пути 10 мм (оптическая плотность D_x). В качестве холостой пробы используют раствор сравнения (его оптическая плотность принимается за нулевое значение $D=0,000$).

Массовую долю ПГМБГ в концентрате «КАТЕЛОН 404» рассчитывали по формуле:

$$\omega(\% \text{ масс.}) = \frac{0,5 \cdot m(\text{ПГМБГ})}{m(\text{КАТЕЛОН X})} \cdot \left(V_1 + \frac{(V_2 - V_1) \cdot (D_x - D_1)}{(D_2 - D_1)} \right),$$

где: ω – массовая доля ПГМБГ в средстве «КАТЕЛОН 404»;

m – масса ПГМБГ в пересчете на чистое вещество, взятая для приготовления эталонного раствора № 1, г;

m – масса средства «КАТЕЛОН 404», взятая для приготовления исследуемого раствора по пункту 5, г;

V_1 – объем аликвоты в первом растворе, равный 10 см³;

V_2 – объем аликвоты во втором растворе, равный 20 см³;

D_1 – оптическая плотность первого раствора;

D_2 – оптическая плотность второго раствора;

D_x – оптическая плотность третьего раствора.

Поскольку средство используется в виде рабочих растворов, то определение концентрации рабочих растворов проводится по азотной кислоте методом кислотно-основного титрования.

Заключение. Разработано экологически безопасное (безфосфатное) средство «КАТЕЛОН 404» для всех отраслей пищевой промышленности, которое предназначено для одновременного мытья от белково-жировых и углеводных загрязнений керамических, пластмассовых, стеклянных поверхностей, поверхностей из нержавеющей стали и дезинфекции. Введение специального кислотного компонента в средство «КАТЕЛОН 404» позволило эффективно удалять молочный и водный камни, окаменевшие минеральные и фосфатно-кальциевые отложения, пивной камень, накипь, ржавчину.

Отсутствие в составе ортофосфорной кислоты (фосфатов) также обеспечивает продовольственную безопасность, что позволило успешно протестировать «КАТЕЛОН 404» на ряде предприятий молочной промышленности (для мойки и дезинфекции СІР-систем, сырных форм на ОАО «Копыльский маслосырзавод», ОАО «Любанский сыродельный завод», ОАО «Верхнедвинский маслосырзавод»).

Список источников

1. Полищук А.А., Яловский Г.В., Мозолевская Т.Н., Гольцов В.И. Содержание фосфатов в р. Днестри сточных водах г. Одесса // Український гідрометеорологічний журнал. 2012. №11. С. 195-201.
2. Ясинский С., Коронкевич Н. Почему «цветет» Волга? // Наука и жизнь. 2018. № 10. С. 14-21.
3. Prokopkin I.G., Kolmakov V.I., Gubanov V.G., Gladyshev M.I. Theoretical Analysis of the Potential of Silver Carp *Hypophthalmichthys Molitrix* in the Control of Water Blooming by Different Species of Cyanobacteria // Journal of Siberian Federal University Biology. 2009.

- № 2 (4). P. 403-417.
- Gustavo F. de Paula, Germano I.N., Mattoso L.H.C. Physical and Chemical Characterization of Poly(hexamethylenebiguanide) Hydrochloride // *Polymers*. 2011. № 3 (2). P. 928-941. <https://doi.org/10.3390/polym3020928>.
 - Roth B., Brill F.H.H. Polihexanide for wound treatment – how it began // *Skin Pharmacol. Physiol.* 2010. Vol. 23. P. 4-6.
 - Kusters M., Beyer S., Kutschera S., Schlesinger H., Gerhartz M. Rapid, simple and stability-indicating determination of polyhexamethylenebiguanide in liquid and gel-like dosage forms by liquid chromatography with diode-array detection // *J. Pharm. Analysis*. 2013. Vol. 3, № 6. P. 408-414.
 - Андреев С.В., Меркульева А.Д., Беляев Е.С. Определение катионных ПАВ в дезинфицирующих средствах при совместном присутствии // *Тонкие химические технологии*. 2019. Т. 14, № 6. С. 115-123. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2019-14-6-115-123>.
 - Masadome T., Yamagishi Yu., Takano M., Hattori T. Potentiometric titration of polyhexamethylene biguanide hydrochloride with potassium poly(vinyl sulfate) solution using a cationic surfactant-selective electrode // *Anal. Sci.* 2008. Vol. 24, issue 3. P. 415-418. <https://doi.org/10.2116/analsci.24.415>.

References

- Polishhuk A.A., Jalovskij G.V., Mozolevskaja T.N., Gol'cov V.I. The content of phosphates in Dniester river and waste waters of Odessa. *Ukraïns'kij gidrometeorologichnij zhurnal = Ukrainian Hydrometeorological Journal*. 2012;(11):195-201.
- Yasinsky S., Koronkevich N. Why is the Volga “blooming”? *Nauka I zhizn' = Science and life*. 2018;(10):14-21. (In Russ.).
- Prokopkin I.G., Kolmakov V.I., Gubanov V.G., Gladyshev M.I. Theoretical Analysis of the Potential of Silver Carp Hypophthalmichthys Molitrix in the Control of Water Blooming by Different Species of Cyanobacteria. *Journal of Siberian Federal University Biology*. 2009;2(4):403-417.
- Gustavo F. de Paula, Germano I.N., Mattoso L.H.C. Physical and Chemical Characterization of Poly(hexamethylene biguanide) Hydrochloride. *Polymers*. 2011;3(2):928-941. <https://doi.org/10.3390/polym3020928>.
- Roth B., Brill F.H.H. Polihexanide for wound treatment – how it began. *Skin Pharmacol. Physiol.* 2010;(23):4-6.
- Kusters M., Beyer S., Kutschera S., Schlesinger H., Gerhartz M. Rapid, simple and stability-indicating determination of polyhexamethylene biguanide in liquid and gel-like dosage forms by liquid chromatography with diode-array detection. *J. Pharm. Analysis*. 2013;6(3):408-414.
- Andreev S.V., Merkul'eva A.D., Beljaev E.S. Simultaneous determination of cationic surfactants in disinfectants. *Tonkie himicheskie tekhnologii = Fine Chemical Technologies*. 2019;14(6):115-123. (In Russ.). <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2019-14-6-115-123>.
- Masadome T., Yamagishi Yu., Takano M., Hattori T. Potentiometric titration of polyhexamethylene biguanide hydrochloride with potassium poly(vinyl sulfate) solution using a cationic surfactant-selective electrode. *Analytical Sciences*. 2008;24(3):415-418. <https://doi.org/10.2116/analsci.24.415>.

Критерии авторства: Юлия В. Матвейчук отвечала за литературный обзор. Юлия В. Матвейчук и Дмитрий В. Станишевский провели обработку полученных данных. Юлия В. Матвейчук, Дмитрий В. Станишевский и Алеся О. Вербицкая отвечали за постановку и проведение эксперимента и интерпретирование полученных данных. Юлия В. Матвейчук отвечала за редакцию материала. Юлия В. Матвейчук осуществляла написание рукописи и несет ответственность за плагиат и самоплагиат.

Author contributions: *Yuliya V. Matveichuk was responsible for the literary review. Yuliya V. Matveichuk and Dmitry V. Stanishevsky processed the data obtained. Yuliya V. Matveichuk, Dmitry V. Stanishevsky and Alesya O. Verbitskaya were responsible for setting up and conducting the experiment and interpreting the data obtained. Yuliya V. Matveichuk was responsible for editing the material. Yuliya V. Matveichuk wrote the manuscript and is responsible for plagiarism and self-plagiarism.*

Конфликт интересов. Авторы заявляют, что никакого конфликта интересов в связи с публикацией данной статьи не существует.

Conflict of interest. *The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.*

Информация об авторах (за исключением контактного лица):

Дмитрий В. Станишевский – химик, ООО «НОРДХИМ»; 220125, Республика Беларусь, Минск, ул. Уручская, д. 23А/309; dimastr2110@gmail.com, тел.: + 375 44 578 37 21.

Алеся О. Вербицкая – инженер-химик, ООО «НОРДХИМ»; 220125, Республика Беларусь, Минск, ул. Уручская, д. 23А/309; alesyaverb@mail.ru, тел.: + 375 33 372 93 06.

Information about the authors (excluding the contact person):

Dmitry V. Stanishevskii – Chemist, LLC «NORDKHIM»; 220125, Republic of Belarus, Minsk, Uruchskaya street, 23A/309; dimastr2110@gmail.com, tel.: + 375 44 578 37 21.

Alesya O. Verbitskaya – Chemical Engineer, LLC «NORDKHIM»; 220125, Republic of Belarus, Minsk, Uruchskaya street, 23A/309; alesyaverb@mail.ru, tel.: + 375 33 372 93 06.

Статья поступила в редакцию / *The article was submitted:* 17.09.2021;
принята к публикации / *accepted for publication:* 27.09.2021